Published December 27, 2000

Klapalekiana, **36**: 275-281, 2000
ISSN 1210-6100

Geologické aspekty činnosti včel (Hymenoptera: Apoidea) v recentních ekosystémech České republiky

Geological aspects of life activities of bees (Hymenoptera: Apoidea) in recent ecosystems of the Czech Republic

Radek MIKULÁŠ

Geologický ústav Akademie věd České republiky, Rozvojová 135, CZ-165 00 Praha 6

Bioerosion, nests, ichnology, Hymenoptera, Czech Republic

Abstract. In the area of the so-called "castellated sandstones" (in central, northern and eastern Bohemia), bioerosive activity of solitary bees may be locally the strongest geological process. The bioerosion shows close interrelationships to abiogenic processes of rock weathering. Subsequently, the bees' tunnels are affected by several geological processes, namely enlarging of the tunnels by salt erosion, their "halving" during the degradation of surficial rock crusts, and a rapid hardening of the rock surface by a secondary opaline cement. These alterations might complicate the interpretation of the traces of the bees' activity.

ÚVOD

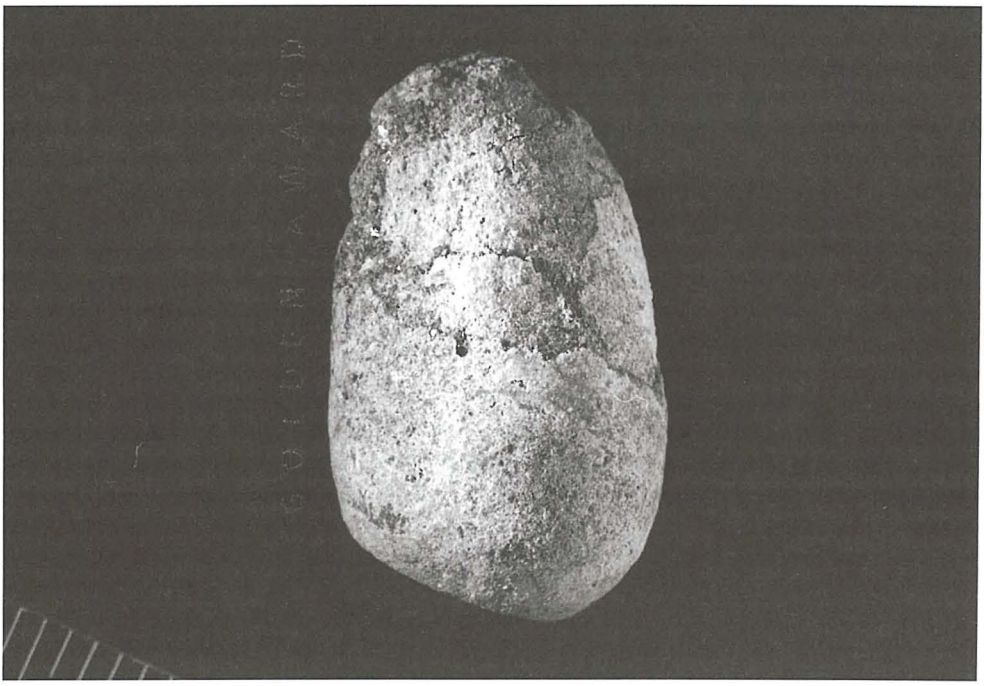
Podobně jako celá řada jiných organismů, také některé včely při běžných životních aktivitách manipulují s neživými substráty. Takovéto druhy jsou nejen svým rozšířením vázány na výskyt vhodných substrátů (tj. půd, nezpevněných i zpevněných hornin), ale současně je svojí činností pozměňují; právem tedy můžeme hovořit o interakci mezi živočichy a neživými substráty.

Autor tohoto sdělení se zabývá studiem takovýchto interakcí ve fosilním záznamu (tedy zejména biogenních struktur „konzervovaných" v usazených horninách) i pozorovaných v současné době. Z geologického hlediska se činnost hmyzu (zejména erozivní, tj. rozrušování zpevněných hornin) jeví jako málo probádaná nejen v rámci území České republiky, ale i celosvětově, a proto byl uskutečněn terénní výzkum některých vytypovaných lokalit, zejména v pískovcových skalních městech Českého ráje a Ralské pahorkatiny. Cílem tohoto příspěvku je informovat o geologickém pojmosloví použitelném v podobných případech, dále popis geologických aspektů jevu, které mohou entomologovi při běžném průzkumu uniknout a jejichž přehlédnutí by mohlo vést k chybným interpretacím, a konečně jsou uvedeny některé analogie v jiných živočišných skupinách.

VYMEZENÍ PROBLÉMU, DOSAVADNÍ VÝZKUMY A METODIKA

V současné studii nebyla věnována pozornost činnosti včel v recentních nezpevněných substrátech (tj. v půdách, písku, jílu, spraši apod.). Bezpochyby i takováto činnost včel i dalšího hmyzu (např. vosy, mravenci, mravkolvi, brouci) má svůj geologický aspekt a existují též četné zahraniční reference o hnízdních strukturách hmyzu z fosilních půd (např. Retallack 1984). Od nás nebyly podobné nálezy zatím publikovány, existují však dosud nepopsané hnízdní komůrky včel z třetihorních tufů Doupovských hor (obr. 1). Předmětem práce je tedy činnost bioerozivní, tj. rozrušování zpevněných hornin. Bioeroze jako celek je velmi významným a „rychlým"

geologickým procesem, např. na vápencových mořských pobřežích, kde se uplatňují zejména mlži a mořské houby (např. Bromley 1994). Nedozírný ekonomický význam má pak destrukce korálových útesů vrtavými mlži. Pokud jde o terestrická prostředí a o hmyz, uvádí Friese (1923), že včely rodu *Chalicodoma* Lepeletier, 1832 neustále porušují povrchovou strukturu egyptské Sfingy. I zde je tedy hmyzí bioeroze rychlým, a nadto vysoce nežádaným geologickým procesem. Roli vos při erozi prvohorního pískovce v aridní oblasti jihovýchodního Wyomingu popsal Deal (1963). Ze střední Evropy je dokumentována činnost včely *Colletes daviesanus* Smith, 1846 ze slabě litifikovaných pískovců triasového stáří z Německa (např. Mader 1985).



Obr. 1. Výlitek komůrky v alterovaném tufu, interpretované jako hnízdní tunel solitérní včely. Třetihory, oligocén, Dětaň v Doupovských horách. Zvětšeno 2,2 x.
Fig. 1: Cast of a chamber in altered basaltic tuff, interpreted as a nesting tunnel of a solitary bee. Tertiary, Oligocene, Dětaň locality in the Doupovské hory Mts. Enlarged 2.2 x.

Studiem interakcí mezi biotou a neživými substráty se zabývá ichnologie, nauka o fosilních a recentních „stopách" (řec. *ichnos* = stopa; viz např. Bromley (1996), Mikuláš (1993)). Význam této mezioborové disciplíny je mnohem větší ve fosilních sedimentech než v recentu: v geologickém záznamu totiž nacházíme výsledky „práce" organismů zpravidla odděleně od jejich tělesných pozůstatků, a obvykle nemůžeme zjistit taxonomickou příslušnost původce „stopy". Mj. z tohoto důvodu jsou „stopy" klasifikovány odděleně od zoologické klasifikace; patří pod zoologickou nomenklaturu, ale mají řadu vlastních nomenklatorických úprav. Ichnofosilie jsou klasifikovány na dvou závazných úrovních, ichnorodu a ichnodruhu (zkráceně igen. a isp.). (Např. ichnorod *Celliforma* Brown, 1934 představuje larvální komůrky zemních včel

a ichnodruh *Celliforma pinturensis* Genise et Brown, 1994 byl popsán z třetihorních fosilních půd Patagonie). Pro recentní stopy (pokud nejsou známy i z geologického záznamu) se ichnorody a ichnodruhy nestanovují. Samostatné kategorie jsou zavedeny pro odlišení etologického významu stop (např. *domichnia* - obytné struktury, *fodinichnia* = stopy po získávání potravy).

Používaná terminologie má oporu ve fyzické geologii a v ichnologii. Metodika při výzkumu bioerozivní činnosti včel vycházela z běžné ichnologické praxe (přímé pozorování, sběr a odchyt původců „stop", odebrání a sbírkové uložení vzorků biogenních struktur, fotografická dokumentace). Pro studium kolmých pískovcových stěn bylo třeba použít horolezecké lanové techniky.

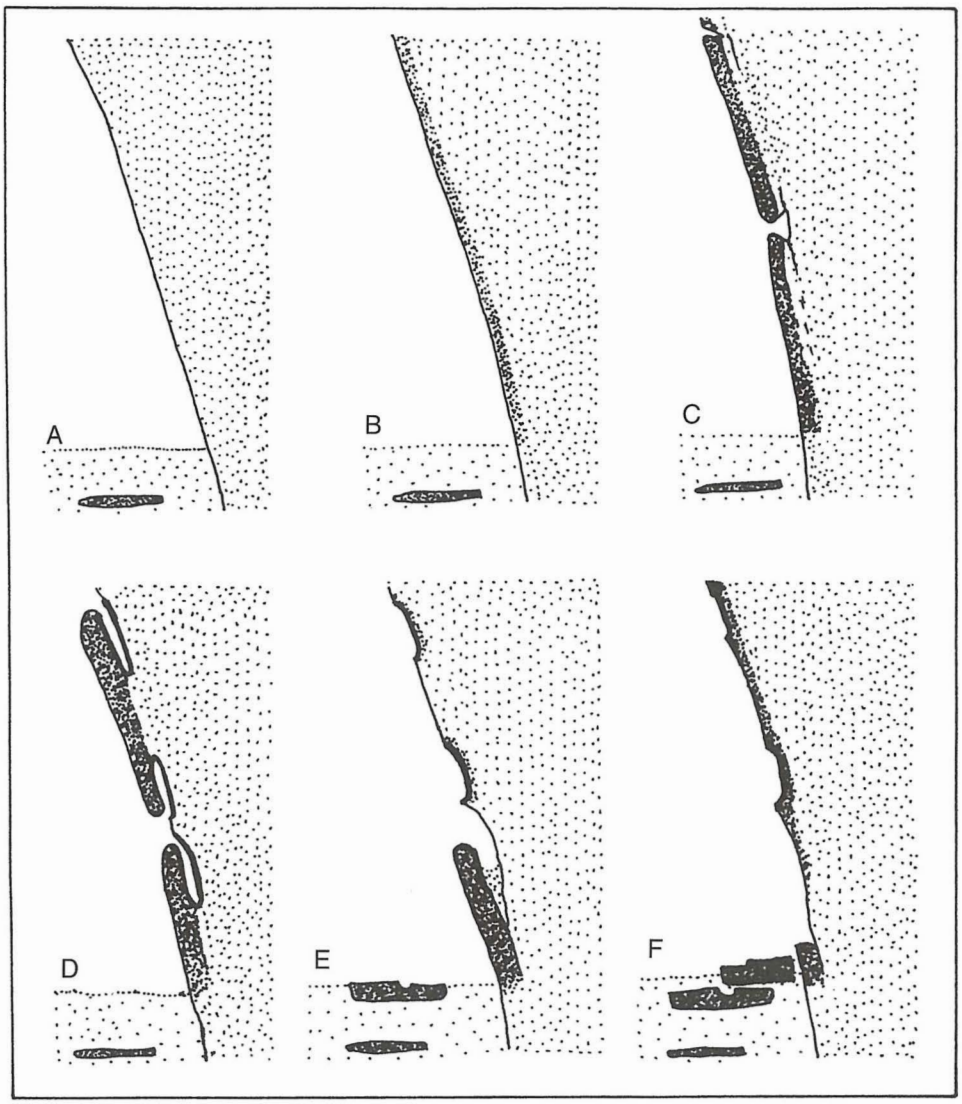
SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Dílčí výsledky výzkumu byly publikovány v pracích Mikuláše & Cílka (1998) a Mikuláše (1998). Následující text uvádí shrnutí těchto prací a další nové údaje se zaměřením k recentní entomologii.

A. Taxonomická příslušnost původců erozivních stop. Jediným taxonem, který byl pozorován při rozrušování pískovců, je hedvábnice *Colletes daviesanus* Smith, 1846, a to na lokalitě Praha - Prosek. Rovněž tento druh včely se vylíhl z kukel získaných z destruovaných hnízdních tunelů na lokalitě Stráž pod Ralskem. Na lokalitě Jestřebí u České Lípy byli pozorování další obyvatelé biogenních erozivních tunelů: střevlíček *Pterostichus* sp. a blíže neurčení mravenci a pavouci. V tomto případě však předpokládáme, že pouze využili již existujících tunelů a nejsou skutečnými původci (viz bod H). Na lokalitě Sokolka u Branžeže byly zjištěny četné tunely a žlábky podstatně většího průměru, než odpovídá hedvábnicím. Za jejich předpokládané původce byli pokládáni zástupci čeledi Anthophoridae; následně však bylo zjištěno, že tunely byly později podstatně rozšířeny solnou erozí (viz bod G). Předpokládáme, že na vytváření bioerozivních struktur se podílejí i další druhy, které se nám během časově a místně omezené terénní práce nepodařilo doložit.

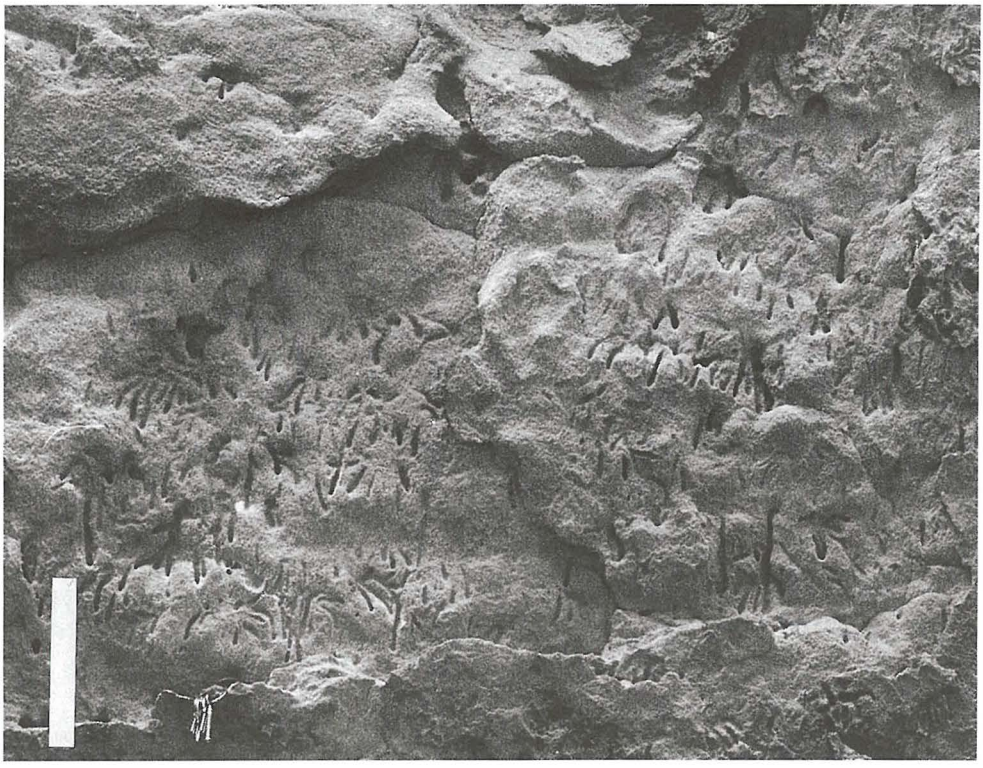
B. Geologická a geomorfologická podmíněnost výskytu bioerozivních hnízdních struktur. Pískovec nesmí být příliš pevně stmelený ani příliš hrubozrnný, jinak by včely nebyly schopny jednotlivá zrna horniny uvolnit. Hnízdní tunely bývají situovány přednostně na suchých a světlých místech, tedy pod převisy v jižních, jihozápadních či západních stěnách. Převisy jsou v současných pískovcových skalních městech vytvářeny převážně v dosahu vzlínající zemní vlhkosti (Cílek 1998) a jsou tedy často zastíněny lesem. Proto vzrůstá atraktivita méně obvyklých a studiu velmi nedostupných převisů ve vysokých partiích skal: na útvarech typu „pokliček" (Kokořínsko) nebo ve vodorovných zářezech podmíněných přítomností měkkých poloh v pískovci (hrad Jestřebí). Měkké pískovce jsou často druhotně zpevněny novotvořenými skalními kůrami (opálová intuskrustace několika nejsvrchnějších centimetrů pískovce), které bioerozi znemožní.

C. Podíl včel na celkové erozi hornin. Celková eroze povrchů v českých pískovcových skalních městech (nejsou-li druhotně zpevněny) se pohybuje v řádu milimetrů za tisíciletí až centimetrů za století. Už z toho vyplývá, že tvorba hnízdních tunelů včelami může lokálně převýšit všechny ostatní erozní vlivy, a být tak po určitou dobu nejsilnějším „geologickým činitelem". V reálném kontextu zpravidla dochází ke vzájemnému ovlivňování biogenní a abiogenní eroze: včely si vybírají nejměkčí partie, t.č. právě nejsilněji exponované abiogenní erozi, a naopak, včelí vrtby mohou přispět k degradaci skalních kůr, které jinak skálu chrání (obr. 2). V jiné situaci však mohou včelí vrtby naopak napomoci zastavení rychlé abiogenní eroze, a to tím, že vytvořením tunelů se zvětší výpar vody z roztoků v pískovci a urychlí se tvorba novotvořeného tmele.



Obr. 2. Jeden z možných „scénářů" vzniku a degradace skalní kůry na povrchu pískovce kombinované s erozivní činností včel. A: čerstvý skalní povrch nad pískovým osypem. B: vznik skalní kůry. C: Vznik zvětralé vrstvy pod kůrou. D: vznik včelích tunelů ve zvětralé vrstvě. E: Opad částí skalních kůr do osypu. F: vznik nové skalní kůry, která zpevní zachovalé části včelích tunelů. Podle Mikuláše & Cílka (1998).

Fig. 2: One of possible scenarios of origin and degradation of a rock crust on the sandstone surface that includes the erosional activity of bees. A: Fresh sandstone surface above the sandy talus deposit. B: Formation of a rock crust. C: Development of a weathered zone below the crust. D: Origin of bees' tunnels. E: Degradation of parts of the crust to a sandy talus deposit. F: Forming of a new crust which preserves parts of the older bees' tunnels. After Mikuláš & Cílek (1998).



Obr. 3. Systém hnízdních chodbiček včel odkrytý opadem skalní kůry na lokalitě Sokolka u Branžeže v Českém ráji. Úsečka představuje 20 cm.
Fig. 3: Labyrinth of passages representing bee nests, exposed upon fall of surficial rock crusts. Sokolka locality at Branžež, Český ráj area. Scale bar = 20 cm.

D. Technika bioeroze. Relativně silné, nůžkovité mandibuly druhu *Colletes daviesanus* a dalších předpokládaných původců se zdají být způsobilé k uvolňování pískovcových zrn z tmele. Přímé pozorování techniky bioeroze však nebylo uskutečněno.

E. Morfologie a ichnotaxonomická příslušnost bioerozivních struktur. Dosavadní pozorování umožnila odlišit tři základní typy vrtavých stop. První z nich je vázán na ty pískovcové povrchy, které jsou zpevněny novotvořenou skalní kůrou. Včely pak vrtají těsně pod „kůrou" a po jejím odstranění či opadu se objeví systém větvících se chodeb analogický např. chodbičkám larev kůrovce (obr. 3). Častější jsou všesměrné nevětvené chodbičky, vytvářené v místech, kde skalní kůry nejsou dostatečně vyvinuty. Jejich použití k hnízdění je spojeno s vytvořením papírovité výstelky, která ale v opuštěných chodbičkách rychle zaniká. Třetí typ je vázán na úzké pukliny v jemnozrnných pískovcích, které jsou na vhodných místech rozšířeny.

Popisované „stopy" nemají přímé analogie dosud známé z fosilního záznamu staršího než holocén. Proto pro ně dosud neexistuje odpovídající ichnorod či ichnodruh. Fosilní obdobou je např. již zmíněná *Celliforma*; takto klasifikované chodbičky však vznikaly zcela jinou technikou v nezpevněném substrátu, tj. půdě.

F. Etologický význam. V ichnologii se specializované hnízdní struktury označují termínem *calichnia* (Genise & Brown 1994). Tento termín je použitelný i pro popisované tunely. Struktury, které by sloužily i pobytu dospělců (např. zemní hnízda společenského hmyzu) tímto termínem označit nelze; v takovém případě se jedná o *domichnia*.

G. Stáří nalézaných „stop", druhotné změny jejich morfologie a druhotné změny charakteru horniny. Nejsou-li hnízda již aktivní, je stáří včelích „stop" nalézaných na pískovcových površích obtížně stanovitelné. Vodítkem může být stupeň degradace (tedy změlčení či zaoblení tvarů), ale jak bylo výše uvedeno, abiogenní eroze se místně a časově velmi liší svoji intenzitou. S rezervou lze odhadnout stáří některých tunelů na lokalitě Sokolka na desítky až stovky let.

Pro entomologickou praxi významnější je zjištění, že rovnoměrná eroze pískovcového povrchu může v průběhu let tunely podstatně rozšířit, takže bychom pro ně zřejmě obtížně hledali adekvátního původce. Dále bylo několikrát pozorováno, že po opadu skalních kůr zůstaly tunely na rozsáhlých částech skály zachovány pouze jako mělké žlábky, které by při zběžném pohledu byly stěží správně interpretovány. K omylu by mohla vést i skutečnost, že tvrdost pískovce se může v průběhu desetiletí výrazně zvýšit tvorbou druhotného opálového tmele: tunely, vytvořené původně ve velmi měkkém pískovci, se mohou stát součástí skalní kůry. Nálezce „stop" by se však patrně domníval, že původci byli schopni vyjímat zrna z velmi tvrdé horniny.

H. Synekologie terestrické bioeroze. Podobně jako v mořských prostředích, kde vrtby vytvořené např. mlži jsou následně kolonizovány sledem jiných organismů, jsou zřejmě i včelí vrtby v pískovcích využívány jako obydlí dalšími bezobratlými. Na kolmých stěnách skály hradu Jestřebí byli ve vrtbách, morfologicky shodných se včelími, pozorováni zástupci skupin Coleoptera, Araneida a Formicidae; vzhledem k obtížnosti pozorování však nedošlo k jejich sběru a určení.

ZÁVĚR

„Geologická činnost včel" spočívající ve vyjímání zrnek písku ze slabě zpevněných pískovců může být lokálně a po určitou dobu nejintenzivnějším geologickým procesem. Tato činnost se navzájem ovlivňuje s abiogenními zvětrávacími procesy. Bioerozivní struktury vytvořené včelami podléhají několika typům druhotných změn: rozšiřování abiogenní erozí, „půlení" při opadu skalních kůr a zpevňování novotvořeným tmelem, což může zkomplikovat jejich interpretaci.

PODĚKOVÁNÍ. Za uvedení do problému a poskytnutí literárních pramenů jsem zavázán dr. B. Tkalcům (Praha). Určení včel získaných při terénním výzkumu se laskavě zhostil dr. J. Macek (Národní muzeum, Praha). Příspěvek je součástí vědního záměru Geologického ústavu AVČR číslo CEZ: Z3 013 912. Výzkum byl částečně podpořen grantem GAČR č. 205/00/1000.

LITERATURA

BROMLEY R. G. 1994: The palaeoecology of bioerosion, pp. 134-154. In: DONOVAN S. K. (ed.): *The palaeobiology of trace fossils.* Wiley & Sons, Chichester, 308 pp.

BROMLEY R. G. 1996: *Trace fossils - biology, taphonomy, and applications.* Chapman & Hall, London, 359 pp.

CÍLEK V. 1998: Fyzikálně-chemické procesy vzniku pískovcového pseudokrasu, pp. 134-153. In: CÍLEK V. & KOPECKÝ J. (ed.): *Pískovcový fenomén: klima, život a reliéf. Knihovna České speleologické společnosti sv. 32.* Česká speleologická společnost, Praha - Broumov, 176 pp (in Czech, English summary).

DEAL D. E. 1963: Role of wasps in the erosion of the Pennsylvanian Casper Sandstone along Sand Creek, southeastern Wyoming. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, 73: 82.

FRIESE H. 1923. *Die europäischen Bienen, Das Leben und Wirken unserer Blumenwespen.* Verlag von Walter de Gruyter u. Co., Berlin und Leipzig, 456 pp.

GENISE J. F. & BROWN T. M. 1994: New Miocene scarabeid and hymenopterous nests and Early Miocene (Santacrucian) paleoenvironments, Patagonian Argentina. *Ichnos*, 3: 107-117.
MADER D. 1985: Stratibound construction of nest burrows of the solitary bee Colletes daviesanus (Hymenoptera: Colletidae). *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol.*, 4: 233-235.
MIKULÁŠ R. 1993: Ichnologie - jiný pohled na živý svět. *Vesmír*, 72: 563-565 (in Czech).
MIKULÁŠ R. 1998: The synecology of modern insect terrestrial bioerosion, Czech Republic, pp. 48-49. In: KRUMM D. (ed.): *2nd International Bioerosional Workshop, Fort Pierce, Florida, Abstract Book*. Harbor Branch Oceanographic Institution, Inc., Fort Pierce, 62 pp.
MIKULÁŠ R. & CÍLEK V. 1998: Terrestrial insect bioerosion and possibilities of its preservation (Holocene to Recent, Czech Republic). *Ichnos*, 5: 325-333.
RETALLACK G. J. 1984: Trace fossils of burrowing beetles and bees in an Oligocene paleosol, Badlands National Park, South Dakota. *J. Paleontol.*, 58: 571-592.

RECENZE

KŘENEK V. 2000: *Small Moths of Europe*. Václav Křenek, Český Těšín, 174 pp. ISBN 80-238-5891-2. Cena neuvedena, publikaci lze získat u vydavatele (Václav Křenek, 17. listopadu 1229, CZ-742 21 Kopřivnice; e-mail: vaclav.krenek@small-moths.cz) a distributorů za 1800,- Kč nebo 109,- DEM (včetně poštovného).

Nebývá obvyklé, aby v našich podmínkách vznikla fotografická publikace velkého formátu (22x30 cm) věnovaná skupině tzv. Microlepidopter, ba co víc, není to zrovna obvyklé ani v ostatních evropských státech. Ještě méně časté je, aby takovou publikaci vydal amatérský entomolog stojící mimo akademické a vědecké instituce, a to bez grantové podpory, vlastním nákladem. Kolegovi Křenkovi se to za cenu nemalého úsilí a osobních obětí podařilo a výsledek stojí za to.

Kniha se nesnaží tvářit jako vědecké dílo, přesto ji lze doporučit do všech knihoven vědeckých ústavů a škol i soukromých knihovniček profesionálních i amatérských entomologů. Hlavním kladem knihy jsou naprosto precizní a dokonalé makrofotografie 242 druhů drobných motýlů z 37 čeledí. Úroveň fotografií je velmi vysoká, ať již se jedná o ilustrační snímky k popisu typů zbarvení, kresby a šupinek, aktuálně zařazeného popisu vývoje škůdce jírovců *Cameraria ohridella* (Deschka et Dimić, 1986), fotografií živých jedinců na listech, neobvyklých pohledů „do tváří" drobných motýlů či o snímky v hlavní hlavní části knihy, kde jde o vyobrazení habitu vypreparovaných motýlů. S tak kvalitní fotodokumentací provedenou celkem na 275 fotografiích nebylo doposud možné se setkat a publikace tak nastavila vysokou laťku všem následovníkům a ukázala cestu dalšího využití profesionální digitální fotografie při pronikání do mikrosvěta. Při definitivním montování fotografií se vloudily dvě chybičky. Na jednu z nich autor recenzenta čestně upozornil, a to na záměnu na straně 91, kde vyobrazený motýl je totožný s motýlem na dolním obrázku předchozí strany [jde o druh *Leucoptera lotella* (Stainton, 1858)] a ve skutečnosti sem patří obrázek uvedený na vnější straně desek knihy [druh *Leucoptera malifoliella* (Costa, 1836)]. Druhá se týká motýla vyobrazeného na straně 117 dole, který zřejmě nepřísluší k druhu *Eteobalea gronoviella* (Scopoli, 1772) a jde tedy o chybu v determinaci. Chyby však budou (podle sdělení autora recenzentovi) odstraněny vkládaným opravným lístkem (errata).